

## 明 細 書

微粒子捕捉用の穴状回転フィルター板を有する成膜装置及び成膜方法  
技術分野

- [0001] 本発明は、エネルギービームの照射やアーク放電等によって薄膜形成成分である飛散微粒子群を発生させて該飛散微粒子群を基板に付着させて各種材料の成膜を行う成膜装置と方法、特に、膜中へのドロップレット(droplet)の付着を防止して膜質を向上させるためのフィルターを用いた成膜装置と成膜方法に関する。

## 背景技術

- [0002] レーザーアブレーション法、スパッタリング法、アーク放電法等により金属、半導体、セラミックス等の薄膜を基板上に作製する成膜方法においては、ドロップレットとなる微粒子(薄膜中に液滴状に堆積したクラスタ(cluster)粒子)を基板上に付着しないようにする必要がある。これを防ぐ方法として、レーザー光をターゲットに照射する際の入射角を43度以下に制御する方法(特許文献1)やターゲットを高速回転させる方法(特許文献2、3)等が知られている。
- [0003] また、ドロップレットが基板表面に付着して膜の表面性を損なうのを防止するために飛翔途中でクラスタ粒子を捕捉する方法があり、例えば、多数の隙間を有する通過面積コントロール部材の微粒子入射面側に質量の大きいクラスタ粒子を付着させる方法(特許文献4)、メカニカルシャッターや分子流シャッターを用いる方法(特許文献5)、高速又は低速の原子を通過させない機械式チョッパ(chopper)として、スリットを設けた回転盤を用いる成膜法(特許文献6、7、8)や複数の回転羽根を用いる成膜装置が知られている(例えば、特許文献9)。
- [0004] 前者は、レーザーはパルス状照射となりフィルターとの同期をとる必要があり、選択する速度範囲が限定される。後者は、羽根に角度があるために羽根が微粒子を捕捉せずに反射してしまうため、低速成分である微粒子を完全に捕捉できない。また、低速成分である微粒子を捕捉するための羽根の設計が極めてシビアで、多数の羽根の設置が困難なために、微粒子の飛翔方向のフィルターの厚みを大きくする必要があり、その結果、ターゲットと基板間との距離を大きくしなければならないために良質

な膜を得にくい等の問題がある。さらに、ともにフィルターの製作に極めて高い技術が要求され、高価であり、また、一度捕捉された微粒子が再放出し、膜が汚染されやすい欠点があった。

[0005] これに対して、本発明者は、高速回転するフィルターを用いてドロップレットを除去する成膜装置及び成膜方法を発明し特許出願した(特許文献10)が、完全にはドロップレットの再放出を防ぐことは困難であり、また、フィルターの製作にコストがかかる問題があった。

[0006] 特許文献1:特開平06-017237号公報

特許文献2:特開平07-166331号公報

特許文献3:特開2001-107225号公報

特許文献4:特開平08-176805号公報

特許文献5:特開平04-202762号公報

特許文献6:特開平10-030168号公報

特許文献7:特開2001-192811号公報

特許文献8:特開2003-277919号公報

特許文献9:特開平10-030169号公報

特許文献10:特開2003-049262号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明は、真空容器内で薄膜形成成分の飛散微粒子群を発生させて該飛散微粒子群を基板に付着させて各種材料の成膜を行う場合に、フィルターを製作しやすい形状にして安価なものとしてもドロップレットの捕捉を可能とし、さらに、このようなフィルターによって、平板羽根型フィルターでは原理的に困難とされてきた、一度捕捉した微粒子を確実に再放出させないようにした成膜装置と方法を提供すること、を目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記の問題を解決するために、本発明は、フィルターの形状が従来の羽根型ではなく、円板に多数の貫通穴を設けた構造の穴状回転フィルター板であることを特徴と

する。

すなわち、本発明は、薄膜形成成分である飛散微粒子群を発生させて該飛散微粒子群を基板に付着させる成膜装置において、円板にその両面まで貫通した多数の貫通穴を設けた、該円板の中心を回転軸として高速回転可能な穴状回転フィルター板を、ターゲットと基板との間に設け、該穴状回転フィルター板は、該貫通穴を飛翔して通過した微粒子のみが基板に堆積し、ドロップレットとなる飛翔速度の遅い微粒子は、該貫通穴の内面に捕捉されるように配置されていることを特徴とする成膜装置、及びこの成膜装置を用いる成膜方法、である。

- [0009] 本発明の装置において、貫通穴の径を、穴状回転フィルター板の表面部分よりも内部において大きくすることによって、貫通穴の内面に捕捉された微粒子が穴状回転フィルター板の回転により貫通穴の内面の中央部に集められる特性を利用して、捕捉した微粒子を貫通穴の中に閉じ込めてしまい、確実に再放出しないようにすることが可能である。本発明の装置によれば、貫通穴を飛翔する速度が所定の速い速度以上の微粒子と所定の遅い速度以下の微粒子を共に捕捉することもできる。

#### 発明の効果

- [0010] 本発明によれば、円板に多数の貫通孔を開ける化学的加工又は機械加工のみでフィルターを作製でき、簡単な構造で微粒子の捕捉を従来の羽根型フィルターと同様に行えたとともに、一度捕捉した微粒子を貫通穴の内部の曲面を利用してフィルターの回転により貫通穴の内面の中央部分に閉じ込めてしまうことが可能となり、捕捉した微粒子の再放出を起こさずに成膜を実施可能である。
- [0011] 平板羽根型フィルターを用いて堆積した膜では、フィルターから再放出された微粒子が観測されるが、本発明の穴状回転フィルター板を用いて堆積した膜では、再放出が原因と考えられる微粒子は膜上に全く観測されず、高品質の膜が得られる。さらに、穴状回転フィルター板の作製は従来の平板羽根タイプに比べて、安価で精度良く作製可能である。

#### 発明を実施するための最良の形態

- [0012] 図1は、従来の回転フィルターを備えたレーザーアブレーション成膜装置の一例を示す概略図である。図1において、レンズ52により集光したレーザー光53を真空容

器内に設置した回転するターゲットホルダー54に設置したターゲット55に照射して、ターゲット55から発生する飛散微粒子56を基板ホルダー57に設置した基板58に付着させる。基板58とターゲット58間の距離は好ましくは10〜100mm程度である。ターゲット55にレーザー光53を照射して薄膜形成成分の飛散微粒子群を発生させて基板58方向へ飛翔させる。ドロップレットとなる飛翔速度の遅い微粒子を捕捉する回転羽根51がターゲット55と基板58の間に設置されて回転軸59に支持されて高速に回転し、微粒子の飛翔路を遮断して回転する部分で飛翔速度の遅い微粒子が捕捉される。本発明の方法においては、従来の回転フィルターに代えて穴状回転フィルター板を用いる。

[0013] 図2は、本発明の装置において使用する穴状回転フィルター板の構造の一例を概念的に示す斜視図である。多数の貫通穴3を、その中心線が穴状回転フィルター板1の両面を上下方向へ微粒子の飛翔方向と平行になるように形成する。図2では、図示していないターゲット(図の下方側)の面と図示していない基板(図の上方側)の面と穴状回転フィルター板1の両面が平行であるとして、貫通穴3の中心線方向が、穴状回転フィルター板1の回転軸方向と平行になるように設けている。穴状回転フィルター板1の回転が停止しているとすれば、ターゲットから基板へ向けて飛翔する微粒子は貫通穴3を通り抜けて基板上に堆積する。

[0014] もちろん、穴状回転フィルター板1のターゲット側の表面に衝突した微粒子はそこに付着し、基板への微粒子の堆積速度を低減することになるので、貫通穴3の部分の合計の面積をできるだけ大きくする。この穴状回転フィルター板1を用いた場合、フィルター板の片面についてみて、貫通穴3の部分の合計の面積が穴状回転フィルター板1の全表面積に占める割合が、生成する膜の堆積速度を決定する。この穴状回転フィルター板1のない場合の堆積速度から、穴状回転フィルター板を用いた場合に堆積速度をどの程度減少させるかを、下記の式のとおり、調節できる。ただし、フィルター板1の両面における貫通孔3の径が等しいとする。

(堆積速度) = (フィルター板のない場合の堆積速度) × (貫通穴の部分の合計の表面積 / フィルター板の全表面積)

例えば、フィルター板がない場合の堆積速度を100nm/minとし、フィルター板の全

表面積に占める貫通穴の部分の合計の面積の割合が50%の場合、堆積速度は50nm/min、90%の場合90nm/minとなる。よって、この割合が大きいほど、膜堆積には望ましいといえる。また、フィルター板の重量軽減の面からも望ましい。したがって、穴状回転フィルター板1の両面について、(貫通穴の部分の合計の表面積/フィルター板の全表面積)は80%以上、より好ましくは90%とする。その上限は、穴明け加工の技術的制約やフィルターの機械的強度を考慮すれば95%程度である。

[0015] このように貫通穴の部分の合計の表面積を大きくすることによって、フィルター板を一定の速度で回転すると飛翔速度の速い微粒子は貫通穴の内部を飛翔して通過するが、飛翔速度の遅いクラスタ粒子は貫通穴の内面に捕捉される。微粒子の入射側の回転板表面の貫通穴の部分以外にもクラスタ粒子は付着するがその割合は少ない。ドロップレットとなる遅いクラスタ粒子を十分に捕捉できるように、フィルター板の回転速度、フィルター板の両表面間の貫通穴の距離、貫通孔の大きさをフィルター板の円周方向に計った最大距離(貫通孔の断面を円とすればその直径に同じ)、を定める必要がある。

[0016] 図2に示すように、穴状回転フィルター板1の表面2における貫通穴3の形状が円であり、その直径がX、フィルター板1の回転軸4の中心線から貫通穴3の中心線までの距離がRであるとする、穴状回転フィルター板1によって捕捉可能な微粒子の最大速度 $V_{\max}$ (単位=mm/秒)は、 $V_{\max} = (1/2)h\omega / \tan^{-1}(X/2R)$ と与えられる。但し、 $h$ は、穴状回転フィルター板1の微粒子飛翔方向の貫通孔の距離(単位=mm)、 $\omega$ は、穴状回転フィルター板1の回転の角速度(単位=ラジアン/秒)である。最大速度 $V_{\max}$ を超える速度で飛翔する微粒子は貫通穴の内部を飛翔して通過して基板に堆積し、 $V_{\max}$ 以下の微粒子は穴状回転フィルター板1の貫通穴の内面に捕捉される。

[0017] 図3に示すように、貫通穴の直径を、入射側をXのまま、出口側を小さくして $X'$ とすると、低速粒子は上記と同じく、 $(1/2)h\omega / \tan^{-1}(X/2R)$ 以下の速度の粒子が捕捉され、さらに、 $X-2X' > 0$ の条件を満たして設計すると、 $(1/2)h\omega / \tan^{-1}(X-X'/2R)$ 以上の高速粒子も捕捉されるようになる。

[0018] 穴状回転フィルター板1の回転軸寄りに設けた貫通穴と周縁寄りに設けた貫通穴と

で捕捉可能な微粒子の最大速度を統一する場合は、回転軸寄りの穴の直径は小さく、周縁寄り大きくする必要がある。すなわち、穴状回転フィルター板の周縁側になるほど穴の直径を大きくする。貫通穴3の直径 $X$ 及び形状を穴状回転フィルター板1上の位置毎に変化させることで、穴状回転フィルター板1の捕捉特性をフレキシブルに変化させることが出来る。

[0019] 図4に、穴状回転フィルター板の一つの貫通穴に着目し、フィルター板の厚み方向のその断面を示す。貫通穴3はその深さ方向の内部にいくにしたがって直径 $X$ が大きくなるように設計されている。このことにより、貫通穴の内部に曲面が形成され、捕捉された微粒子は貫通穴3の広がった中心部付近の内面に集められ、再放出することが無い。

[0020] 図5に、貫通穴3をその中心線方向を、穴状回転フィルター板1の円周方向、すなわち回転方向に傾斜するように形成する場合の例を、一つの貫通穴に着目して、穴状回転フィルター板1の円周方向の断面図として示す。貫通穴の中心線はフィルター板の円周方向に直線的でもよいが、理想的には回転板の円周に沿うように曲線的にして、カーブした形状の貫通穴とするとよい。また、上述のように、穴状回転フィルター板の上下方向へ真っ直ぐに貫通した穴と同様に、その深さ方向の内部にいくにしたがって直径 $X$ が大きくなるようにすると、捕捉された微粒子が貫通穴の内部の広がった中心部付近の内面に集められ、再放出することが無い。

[0021] 図5において、ターゲットが穴状回転フィルター板1の下側にあるとして、下側から微粒子が入射されたとし、左側に向かって穴状回転フィルター板1の回転とともに貫通穴3は移動するとする。貫通穴3は入射面から右上に向かって傾ける必要があり、そのときのターゲット側の穴状回転フィルター板の表面の貫通孔3の形状を穴状回転フィルター板1の円周方向に計った最大距離 $X$ 、貫通穴3が微粒子入射面側から逆回転方向に向いて傾いているとした投影面における貫通穴3のずれ幅(投影面における下穴の右端と上穴の左端の差) $d$ は、図示のように定義される。

[0022] 穴状回転フィルター板1の貫通穴3を回転面に対して傾けて形成することで、下記の式で示されるとおり、貫通穴を飛翔して通過可能な最低速度 $V_{min}$ 以下の微粒子群と貫通穴を飛翔して通過可能な最高速度 $V_{max}$ 以上の微粒子群をともに捕捉できる。

$V_{\min} = (1/2)h\omega / \tan^{-1}((2X+d)/2R)$ 、 $V_{\max} = (1/2)h\omega / \tan^{-1}(d/2R)$ と与えられる。但し、 $h$ は、穴状回転フィルター板1の微粒子飛翔方向の貫通孔の距離(単位=mm)、 $\omega$ は、穴状回転フィルター板1の回転の角速度(単位=ラジアン/秒)、 $R$ は、ターゲット側の穴状回転フィルター板1の表面における回転軸の中心線から貫通穴3の中心線までの距離、 $X$ は、ターゲット側のフィルター板表面の貫通孔の形状をフィルター板の円周方向に計った最大距離、 $d$ は、貫通穴3が微粒子の入射面側から逆回転方向に向けて傾いているとした投影面における貫通穴3のずれ幅である。

[0023] このように、貫通穴を穴状回転フィルター板の回転面に対して傾けて形成することで、貫通穴により設定可能な微粒子の通過最大速度より高速な微粒子群と貫通穴により設定可能な微粒子の通過最小速度より低速な微粒子群とともに捕捉できるバンドパス(band-pass)フィルターとすることができる。さらに、穴状回転フィルター板1の微粒子の入射側と出射側の貫通穴3の径を異なる値としてずれ幅を調整することで、透過する微粒子の最大速度を変化させることが可能である。

[0024] 以上、穴状回転フィルター板の回転面に対して微粒子を垂直方向に入射する場合について説明したが、ターゲット面と基板の面を平行ではなく傾斜させて配置したような場合に、貫通穴の中心線方向が、穴状回転フィルター板の回転軸方向に対して傾斜するように設けることもできる。図6は、図2に示す貫通穴の構造をその中心線方向を傾斜させて微粒子入射方向を傾斜させた例を示している。また、図7は、図5に示す傾斜した貫通穴の構造をその中心線方向を微粒子入射方向に対応させて傾斜させた例を示している。フィルター板の回転方向の微粒子の入射角を $\phi$ とすると、図7に示すように、貫通孔3の傾斜角度を変更する必要がある。

[0025] なお、上記では貫通穴の断面形状を円とし、穴の大きさを直径として説明したが、楕円、多角形等のいかなる断面形状でも構わない。したがって、断面形状が円でない場合は、貫通孔の断面形状をフィルター板の円周方向に計った最大距離が円の場合の直径に相当する。

[0026] 次に、穴状回転フィルター板の製作方法について図を用いて説明する。図8に、フォトリソ法を用いて金属からなる円板に貫通穴状構造を形成する手順を、一つの貫通穴に着目して示す。フォトリソグラフィ法により、多数の貫通穴3を、所望する

位置と直径で、精度良く円板に形成する。穴状回転フィルター板の材質は、回転系への負担を低減するためにチタン等の比重の軽いものが望ましいが、真空での放出ガスが少ないステンレス鋼やアルミニウム合金等の他の金属でもよい。

[0027] 金属円板11の両面にフォトレジスト剤12を塗る。フォトレジスト剤12が乾いた後、所望する位置に所望する径の貫通穴が形成されるようにフォトマスク13を設置して、光照射を行う。リンス後に酸又はアルカリ溶液によりエッチングを行い露光部分を除去する。貫通穴の内部はえぐられるようにエッチングされる。このエッチングにより、内部の方が表面より径の大きな、金属円板11の両面を貫通した貫通穴3が形成される。最後に、フォトレジスト剤12を除去する。これにより、金属円板11に貫通穴3を設けた穴状構造のフィルター板1が得られる。

[0028] エッチング液には、金属円板がステンレス鋼の場合には、38-42Be塩化第2鉄液、塩化第2鉄液＋硝酸、又は塩酸100部＋硝酸第1水銀6.5部＋水100部を、チタンの場合には、40%フッ酸1容量＋水9容量(30-32℃)又は過硫酸塩＋フッ化物を用いるのが一般的である。

[0029] 図9に、ドリル又はレーザーエッチングにより金属円板11に貫通穴構造を形成する手順を、一つの貫通穴に着目して示す。まず、チタン板やステンレス鋼板からなる金属円板11に、ドリル又は高出力レーザー光、型による打抜きを用いて、所望する位置と径の穴を形成する。その後、表裏両面に耐酸又は耐アルカリ性のレジスト剤12を塗布し、酸又はアルカリの溶液に浸して、貫通穴の内部をエッチングする。その結果、内部の径が表面より大きな貫通穴3が形成される。エッチングが終了したら、最後はレジスト剤12を除去する。これにより、金属円板11に貫通穴3を設けた穴状構造のフィルター板1が得られる。

[0030] 図10に、3枚の板を張り合わせて貫通穴構造を形成した一例を示す。穴状回転フィルター板1を複数枚の板A、B、Cを張り合わせることで実現する。それぞれの板の穴はフォトリソグラフィ、レーザーエッチング、ドリル、型による打抜き等を用いて形成できる。板Aと板Cは同じ径の穴が同じ位置にくるようにし、その間に径の大きな穴が形成されている板Bを挟み込む。貫通穴3の中央部の径が大きくなるように、フィルター内部に用いる板の貫通穴の径X2を外側に用いる板の径X1に比べて大きくする



。

## 実施例 1

- [0031] 以下、図1に示すような装置を用いたレーザーアブレーション法において、ドロップレットの原因となる微粒子を捕捉した具体例を説明する。
- [0032] ターボ分子ポンプにより排気された $5 \times 10^{-7}$  Torr以下の真空容器内において、ArFエキシマレーザー（波長193nm、FWHM=20ns）をSiターゲットに入射角 $45^\circ$ で照射して飛散微粒子群を発生させて、50mm離れて対向するガラス基板上にSi膜堆積を行った。ターゲット-基板間には、図2に示すような高速回転可能な穴状回転フィルター板を設置して微粒子の捕捉を行った。
- [0033] 穴状回転フィルター板は、その回転軸が微粒子の飛翔方向に平行になるように設置した。貫通穴の大きさは、穴状回転フィルター板の中心付近と外側とで捕捉可能な最大速度を統一するため、貫通穴の円周方向に沿った直径部分の回転軸に対する内部角が $3.6$ 度になるように設計した。すなわち、図2の $X$ と $R$ が $2 \tan^{-1}(X/2R) = 3.6/180$ 、すなわち $X = 2.00R \times 10^{-2}$  [mm]の関係を満たすように設計した。
- [0034] 微粒子が入射してくる側の貫通穴の直径（回転方向、すなわち円周方向） $X$ と貫通穴の中心線と回転軸の中心線からの距離 $R$ は、 $X = 2.00R \times 10^{-2}$  [mm]の関係を満たすように設計した。穴状回転フィルター板には直径200mm、厚み $h$ が10mmのチタン円板を用いた。貫通穴の表面と内部の直径の差は、内部の直径が表面に比べて約40%大であった。穴状回転フィルター板の回転速度と捕捉可能な微粒子の最大速度の関係は図11に示す通りである。貫通穴の部分の合計の面積が穴状回転フィルター板の全表面に占める割合は約90%であった。レーザーパルスのフルーエンス $F$ は $4 \text{ J/cm}^2$ 、くり返し周波数は10Hz、基板温度は室温とした。
- [0035] 作製したシリコン薄膜中の微粒子の付着具合を走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて評価した。図12に穴状回転フィルター板の回転数(a)1,000rpm、(b)2,500rpm、(c)3,000rpmで作製したシリコン薄膜の膜表面観察像を示す。3,000rpmになると微粒子が完全に捕捉されていることがわかる。

## 産業上の利用可能性

- [0036] 本発明の装置及び方法は、レーザーアブレーション法、スパッタリング法、アーク放

電法等により金属、半導体、セラミックス等の薄膜を基板上に作製する手段として用いられ、微粒子捕捉用のフィルターを安価に提供することができ、また、ドロップレットの付着がなく、かつ、捕捉したドロップレットの再放出による汚染のない高品質の薄膜の製造に有用である。

### 図面の簡単な説明

[0037] [図1]回転フィルターを用いるレーザーアブレーション薄膜作製装置の構造の一例を示す概略図。

[図2]本発明の装置で用いられる穴状回転フィルター板の概略斜視図。

[図3]貫通穴の径と捕捉される微粒子の速度の関係を示す穴状回転フィルター板の断面図。

[図4]貫通穴の深さ方向の形状を示す穴状回転フィルター板の断面図。

[図5]貫通穴が傾斜している穴状回転フィルター板の断面図。

[図6]図2に示す貫通穴の構造をその中心線方向を傾斜させて微粒子入射方向を傾斜させた例を示す断面図。

[図7]図5に示す傾斜した貫通穴の構造をその中心線方向を微粒子入射方向に対応させて傾斜させた例を示す断面図。

[図8]フォトリソ法により金属円板に貫通穴状構造の回転フィルター板を作製する手順を示す工程図。

[図9]ドリル又はレーザーエッチングを利用して貫通穴状構造の回転フィルター板を作製する手順を示す工程図。

[図10]3枚の板の張り合わせによって貫通穴状構造の回転フィルター板を作製する手順を示す工程図。

[図11]実施例1において、穴状回転フィルター板の回転速度と捕捉可能な微粒子の最大速度の関係を示すグラフである。

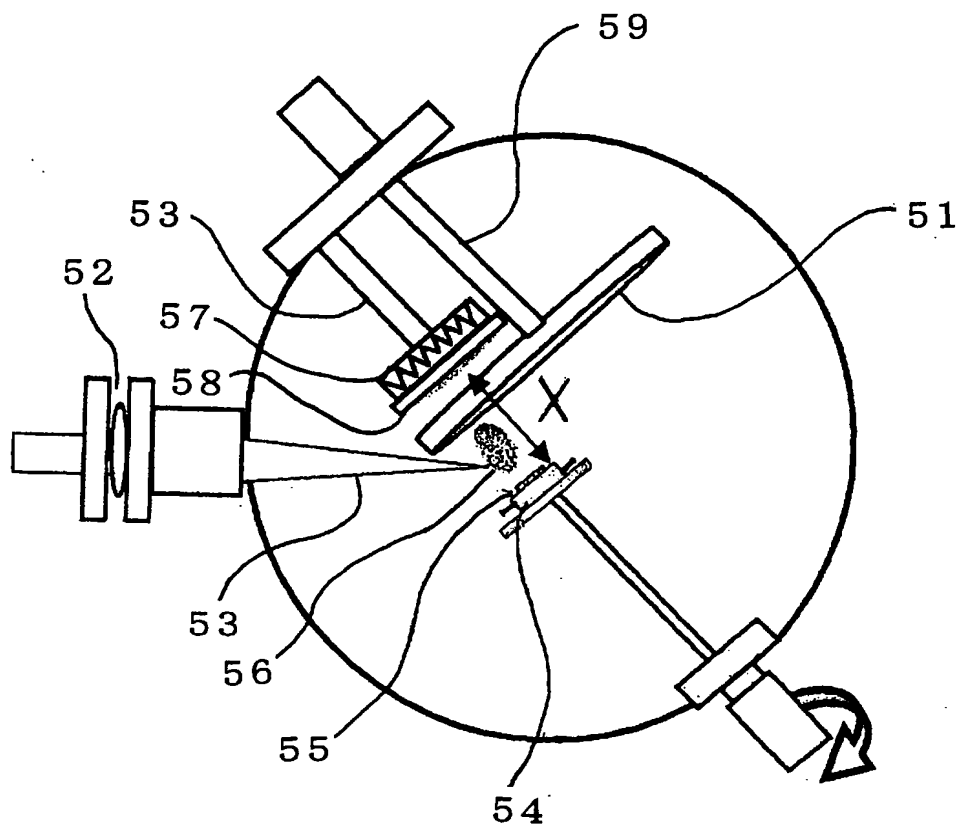
[図12]実施例1において、シリコンターゲットを用いた場合の、穴状回転フィルター板の回転数(a)1,000rpm、(b)2,500rpm、(c)3,000rpmで作製した膜の膜表面SEM像を示す図面代用写真。

## 請求の範囲

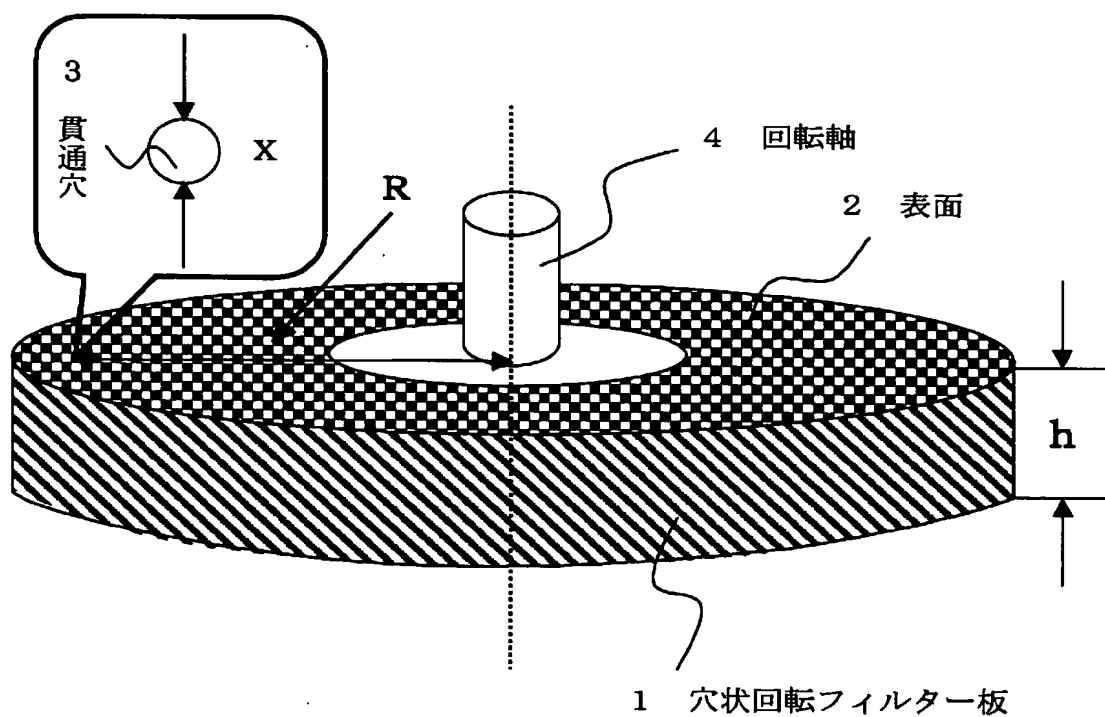
- [1] 薄膜形成成分である飛散微粒子群を発生させて該飛散微粒子群を基板に付着させる成膜装置において、円板にその両面まで貫通した多数の貫通穴を設けた、該円板の中心を回転軸として高速回転可能な穴状回転フィルター板を、ターゲットと基板との間に設け、該穴状回転フィルター板は、該貫通穴を飛翔して通過した微粒子のみが基板に堆積し、ドロップレットとなる飛翔速度の遅い微粒子は、該貫通穴の内面に捕捉されるように配置されていることを特徴とする成膜装置。
- [2] 穴状回転フィルター板の両面において、貫通穴の部分の合計の表面積／穴状回転フィルター板の全表面積が80%以上であることを特徴とする請求項1記載の成膜装置。
- [3] 貫通穴は、穴状回転フィルター板の表面部分の径より内部の径が大きいことを特徴とする請求項1記載の成膜装置。
- [4] 貫通穴は、穴状回転フィルター板の微粒子の入射側の表面部分の径が微粒子の出射側の表面部分の径より大きいことを特徴とする請求項1記載の成膜装置。
- [5] 貫通穴は、穴状回転フィルター板の表面全域に亘って飛翔速度の遅い微粒子の捕捉特性を一定に保つために、該フィルター板の周縁側になるほど径を大きくしたことを特徴とする請求項1記載の成膜装置。
- [6] 貫通穴の中心線方向が、穴状回転フィルター板の回転軸方向と平行になるように設けられていることを特徴とする請求項1記載の成膜装置。
- [7] 穴状回転フィルター板の表面における貫通穴の形状が円であり、その直径をX、穴状回転フィルター板の回転軸の中心線から貫通穴の中心線までの距離をR、としたとき、穴状回転フィルター板によって捕捉可能な微粒子の最大速度 $V_{\max}$  (単位=mm/秒)が、 $V_{\max} = (1/2)h\omega / \tan^{-1}(X/2R)$ と与えられる(但し、hは、穴状回転フィルター板の微粒子飛翔方向の貫通孔の距離(単位=mm)、 $\omega$ は、穴状回転フィルター板の回転の角速度(単位=ラジアン/秒))ことを特徴とする請求項6記載の成膜装置。
- [8] 貫通穴の中心線方向が、穴状回転フィルター板の回転軸方向に対して傾斜するように設けられていることを特徴とする請求項1記載の成膜装置。

- [9] 貫通穴を飛翔して通過可能な最低速度 $V_{\min}$ 以下の微粒子群と通過可能な最高速度 $V_{\max}$ 以上の微粒子群が、 $V_{\min} = (1/2)h\omega / \tan^{-1}((2X+d)/2R)$ 、 $V_{\max} = (1/2)h\omega / \tan^{-1}(d/2R)$ と与えられる(但し、 $h$ は、穴状回転フィルター板の微粒子飛翔方向の貫通孔の距離(単位=mm)、 $\omega$ は、穴状回転フィルター板の回転の角速度(単位=ラジアン/秒)、 $R$ は、ターゲット側の穴状回転フィルター板の表面における回転軸の中心線から貫通穴の中心線までの距離、 $X$ は、ターゲット側の穴状回転フィルター板の表面における貫通孔の形状を穴状回転フィルター板の円周方向に計った最大距離、 $d$ は、貫通穴が微粒子の入射面側から逆回転方向に向けて傾いているとした投影面における貫通穴のずれ幅)ことを特徴とする請求項8記載の成膜装置。
- [10] 貫通穴の中心線方向が、穴状回転フィルター板の円周方向に傾斜するように設けられていることを特徴とする請求項1記載の成膜装置。
- [11] 貫通穴が金属からなる円板にエッチングにより形成されていることを特徴とする請求項1記載の成膜装置。
- [12] 貫通穴が、貫通穴の径が異なる複数枚の円板を張り合わせて形成されていることを特徴とする請求項1記載の成膜装置。
- [13] 請求項1ないし12のいずれかに記載の装置を使用することを特徴とする成膜方法。
- [14] 貫通穴の径及び形状により穴状回転フィルター板の表面の各領域における微粒子捕捉特性を調整することを特徴とする請求項13記載の成膜方法。
- [15] 貫通穴により設定可能な微粒子の通過最大速度より高速な微粒子群と貫通穴により設定可能な微粒子の通過最小速度より低速な微粒子群をともに捕捉することを特徴とする請求項13又は14記載の成膜方法。
- [16] 成膜方法がレーザーアブレーション方法であることを特徴とする請求項13ないし15のいずれかに記載の成膜方法。

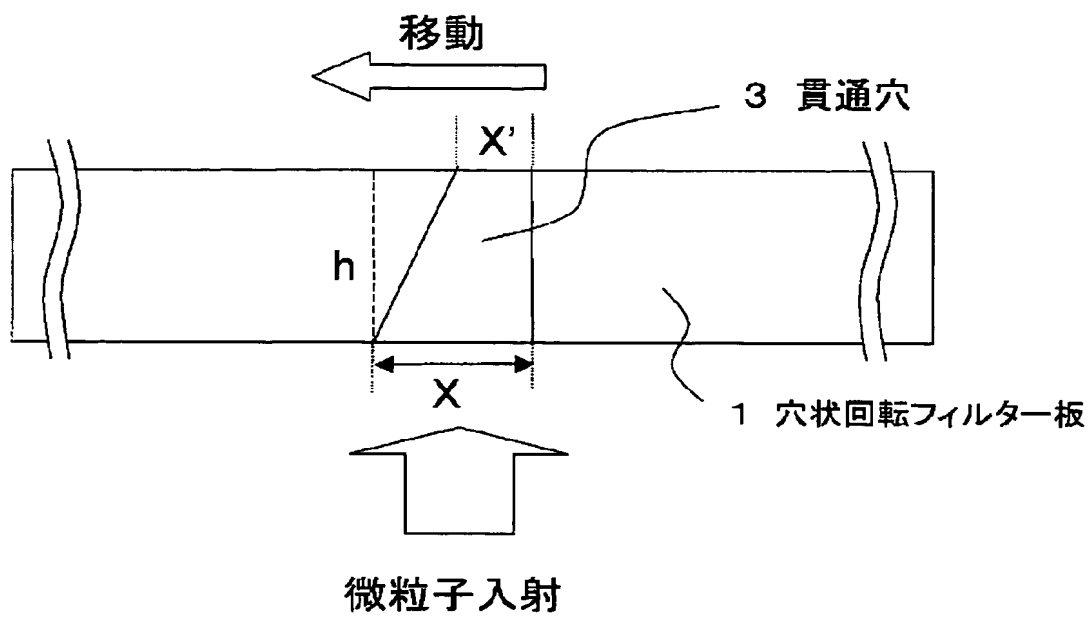
[図1]



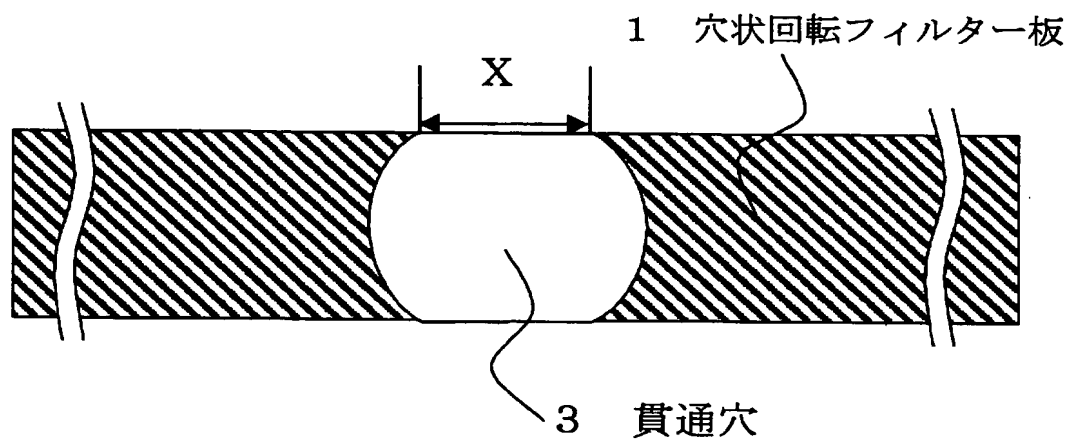
[図2]



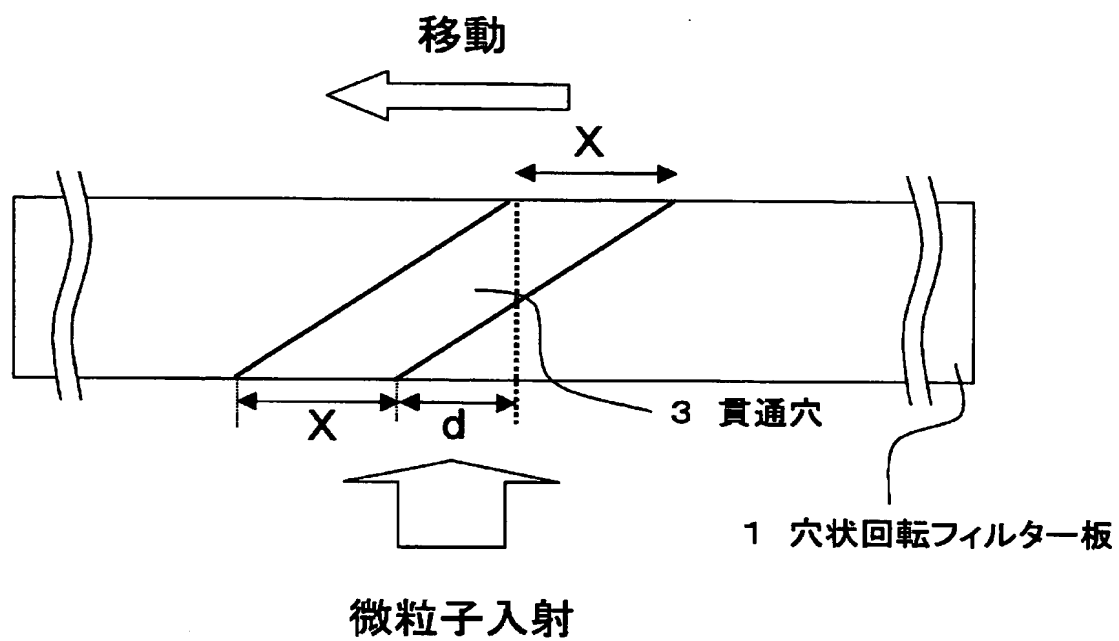
[図3]



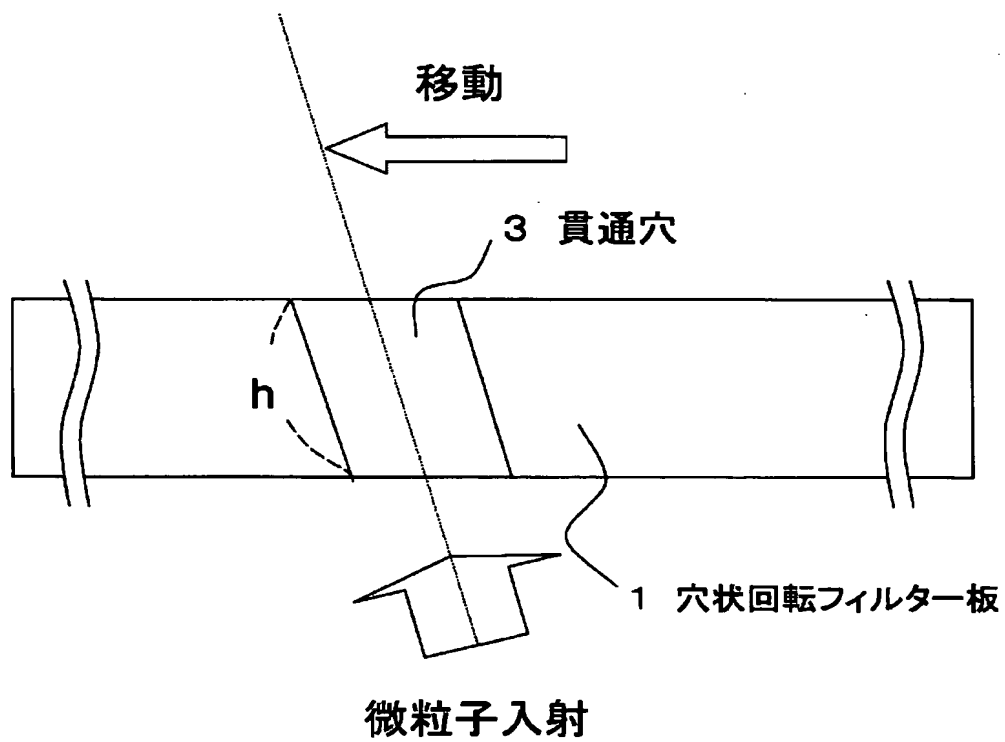
[図4]



[図5]

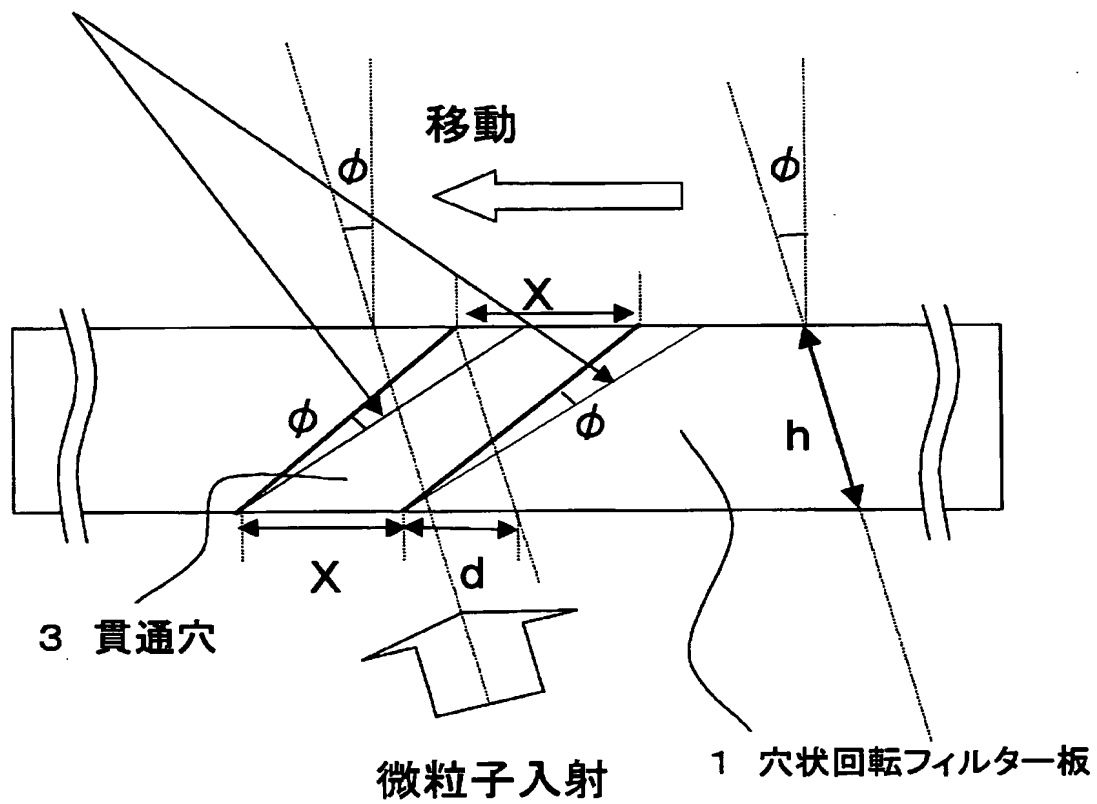


[図6]



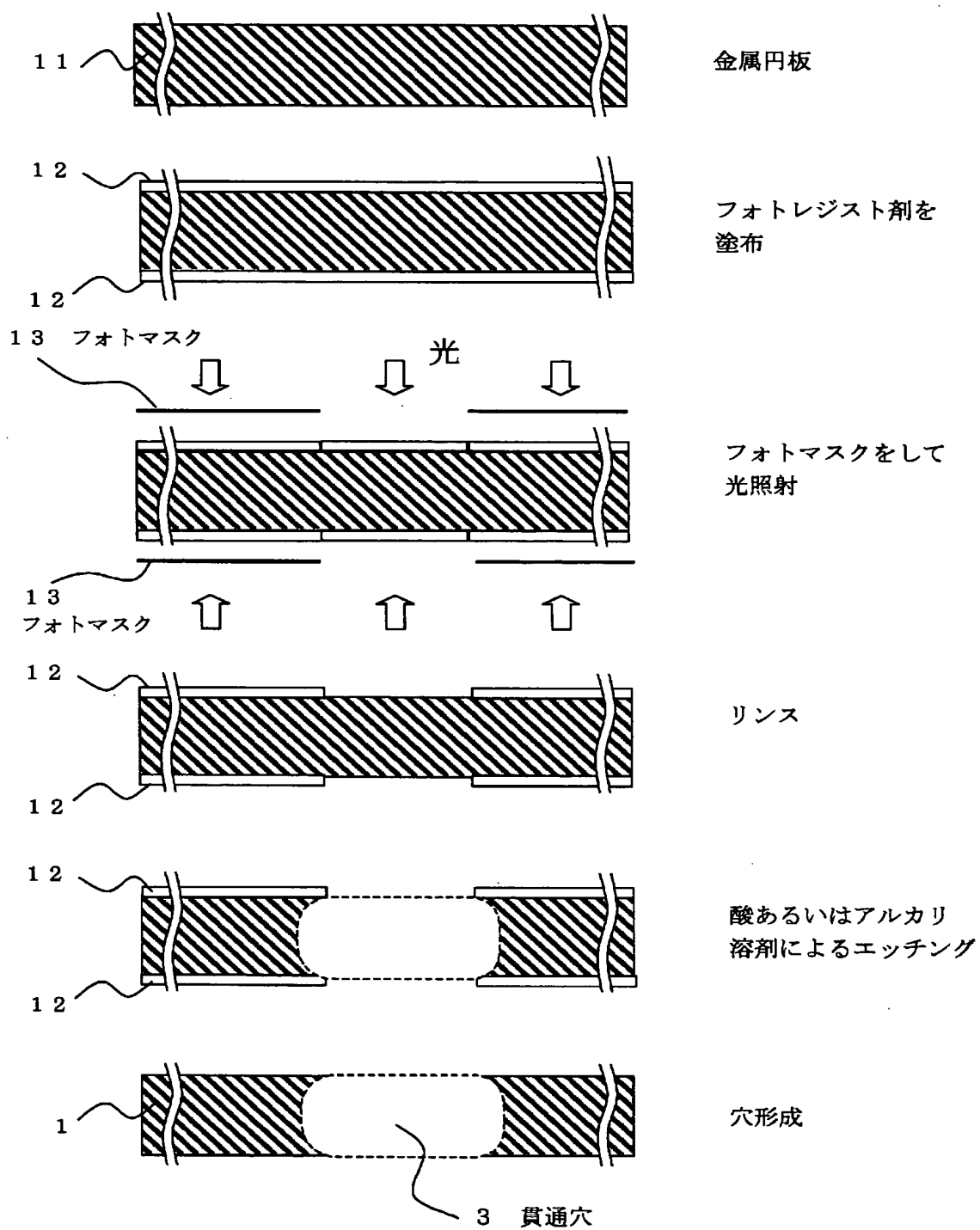
[図7]

## 垂直入射の場合の穴





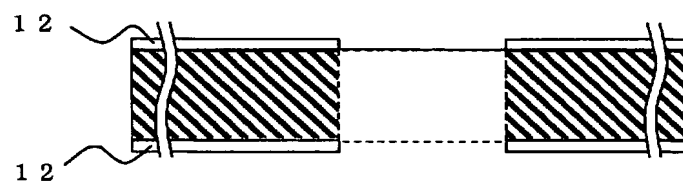
[図8]



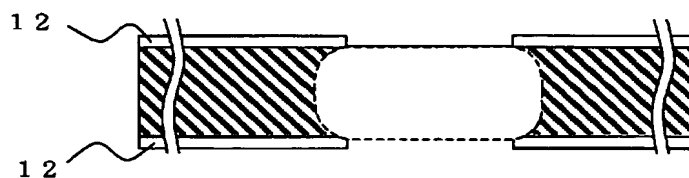
[図9]



金属円板

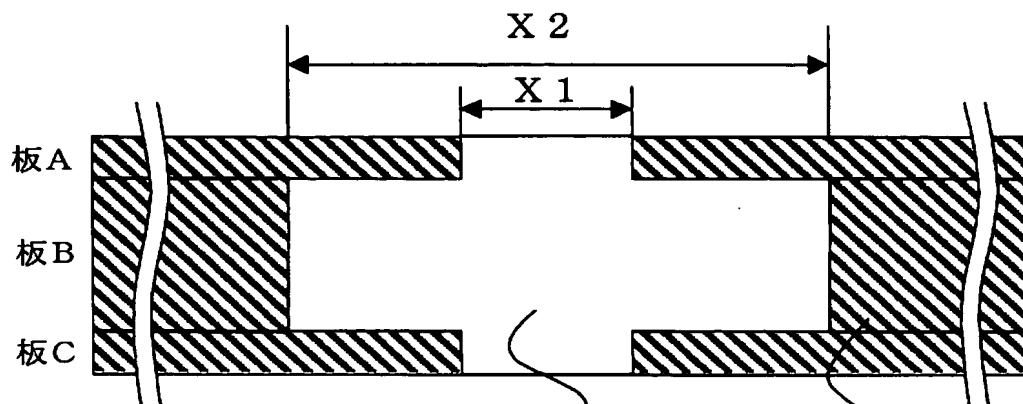
ドリルあるいは  
レーザーエッチング  
による穴開け

レジスト剤を塗布

酸あるいはアルカリ  
溶剤によるエッチングレジスト剤を除去  
穴形成

3 貫通穴

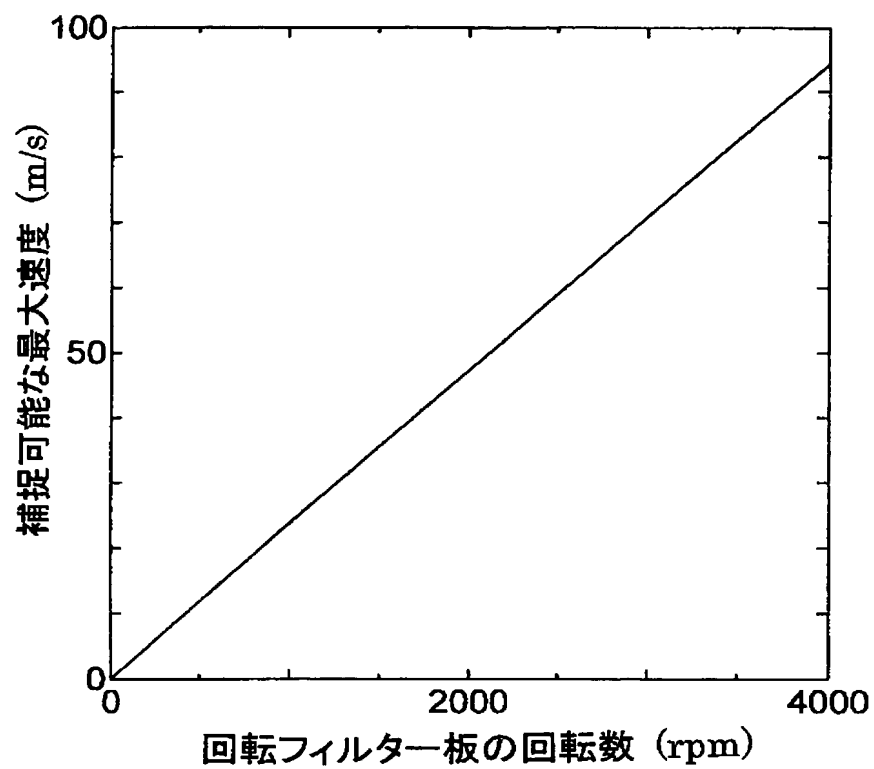
[図10]



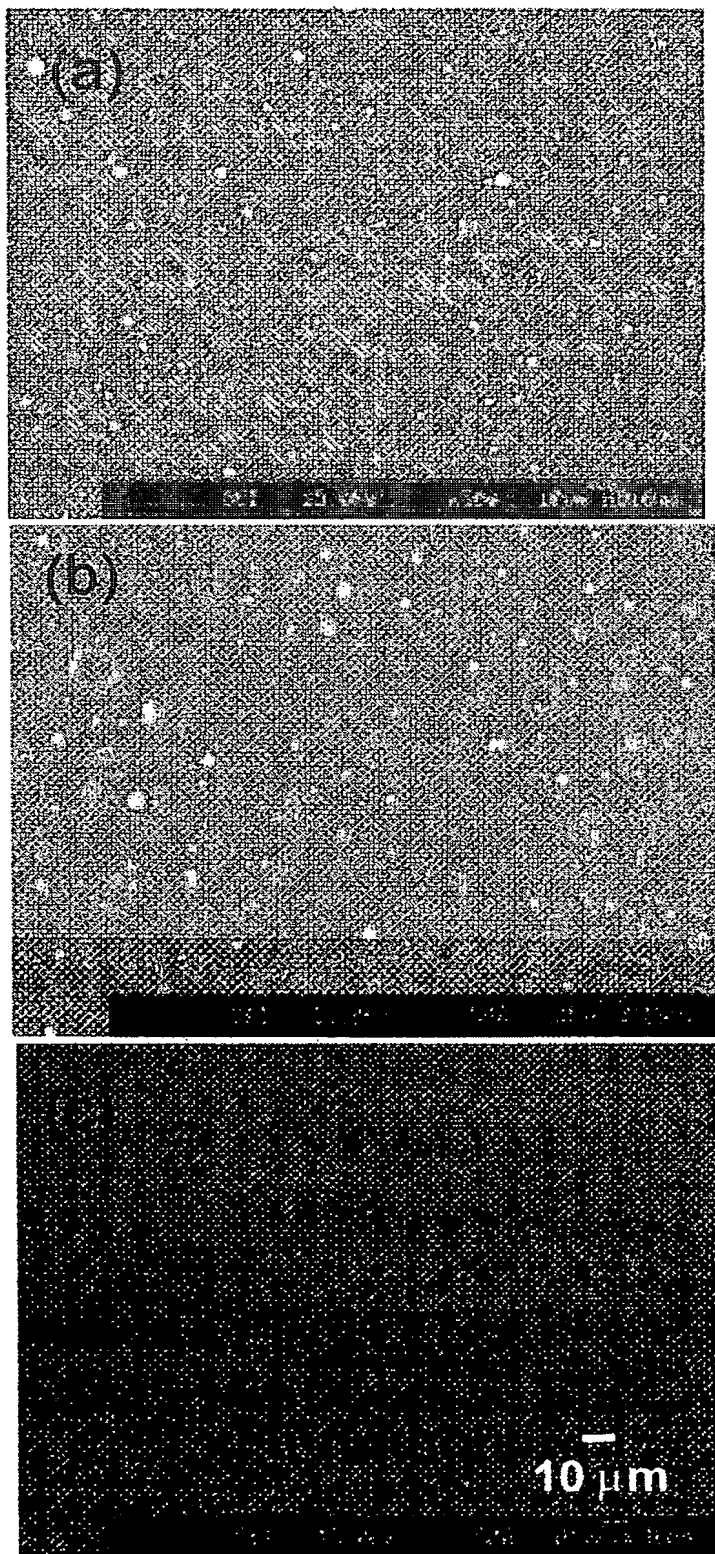
3 貫通穴

1 穴状回転フィルター板

[図11]



[図12]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011543

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> C23C14/28, H01L21/203

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> C23C14/28, H01L21/203

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus FILE (JOIS)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Tsuyoshi YOSHITAKE et al., Droplet-Free Thin Films Prepared by Pulsed Laser Deposition Using a Vane Velocity Filter, Jpn.J.Appl.Phys., 2002, part 1, Vol.41, No.2A, pages 836 to 837	1-16
A	JP 2003-49262 A (Japan Science and Technology Corp.), 21 February, 2003 (21.02.03), Full text (Family: none)	1-16
A	JP 10-30169 A (Mitsubishi Materials Corp.), 03 February, 1998 (03.02.98), Full text (Family: none)	1-16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
04 November, 2004 (04.11.04)

Date of mailing of the international search report  
22 November, 2004 (22.11.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011543

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	E.V. PECHEN et al., Pulsed-laser deposition of smooth high-Tc superconducting films using a synchronous velocity filter, Appl.phys.Lett., 1995, Vol.66, No.17, pages 2292 to 2294	1-16
A	JP 2003-277919 A (Toyota Central Research And Development Laboratories, Inc.), 02 October, 2003 (02.10.03), Full text (Family: none)	1-16
A	JP 2003-73812 A (Masaki YAMAMOTO), 12 March, 2003 (12.03.03), Full text (Family: none)	1-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> C23C14/28, H01L21/203		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> C23C14/28, H01L21/203		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
JSTPlusファイル (JICST)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	Tsuyoshi YOSHITAKE et al, Droplet-Free Thin Films Prepared by Pulsed Laser Deposition Using a Vane Velocity Filter, Jpn.J.Appl.Phys., 2002, part 1, Vol.41, No.2A, pp.836-837	1-16
A	JP 2003-49262 A (科学技術振興事業団) 2003.02.21 全文, (ファミリーなし)	1-16
A	JP 10-30169 A (三菱マテリアル株式会社) 1998.02.03 全文, (ファミリーなし)	1-16
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	04. 11. 2004	国際調査報告の発送日 22.11.2004
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 宮澤 尚之	4 G 9 2 7 8
		電話番号 03-3581-1101 内線 3416

C. (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	E.V.PECHEN et al, Pulsed-laser deposition of smooth high-Tc superconducting films using a synchronous velocity filter, Appl.Phys. Lett., 1995, Vol.66, No.17, p.2292-2294	1-16
A	JP 2003-277919 A (株式会社豊田中央研究所) 2003.10.02 全文, (ファミリーなし)	1-16
A	JP 2003-73812 A (山本正樹) 2003.03.12 全文, (ファミリーなし)	1-16



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**